

Conference Paper, Published Version

Bödefeld, Jörg

Berechnung eines Schleusenkammernquerschnitts nach neuer Normengeneration

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105560>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

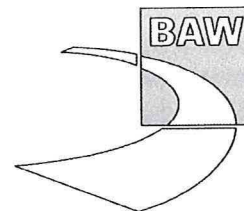
Bödefeld, Jörg (2003): Berechnung eines Schleusenkammernquerschnitts nach neuer Normengeneration. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Neue Normung für den konstruktiven Wasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 21-26.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





BR Dipl.-Ing. Jörg Bödefeld, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Berechnung eines Schleusenammerquerschnitts nach neuer Normengeneration

Einführung

An Hand eines Kammerquerschnitts einer bestehenden Schleuse wurde das neue Sicherheitskonzept, /1/, /2/, /3/, inklusive den Ergänzungen für den massiven Verkehrswasserbau, /4/, überprüft. Das neue Normenkonzept unterscheidet dabei zwischen Nachweisen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und Nachweisen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Im Rahmen der Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit ist neben der Bemessung für Biegung und Querkraft infolge Last und Zwang gemäß /1/ auch ein Nachweis gegen Ermüdung zu führen, und zwar für Bewehrung und Beton sowie für Biegung und Querkraft. Speziell bei Schleusen ist auf Grund der hohen Lastspielzahlen im Laufe der Standzeit eines Bauwerks dieser Nachweis von Bedeutung.

Im Rahmen der Gebrauchstauglichkeit ist gemäß /4/ für massive Wasserbauwerke nur die Begrenzung der Rissbreite nachzuweisen. Dazu sind die gegenüber der Vorgängernorm veränderten Algorithmen zu verwenden.

Bauwerk

Der untersuchte Querschnitt ist in Abbildung 1 dargestellt. Es handelt sich um eine Doppelsparschleuse die bis zur Symmetrieachse in der Mittellauer dargestellt ist. Mit einer Fallhöhe von ca. 18,55m ist die Schleuse relativ hoch. Die Kammer wird über ein Grundlaufsystem in der Kammersohle befüllt. Das Bauwerk wurde mit Beton B25 ausgeführt, für die Nachrechnung nach neuer Norm wird gemäß /4/ ein Beton C 20/25 für die Sohle und C 25/30 für die Kammerwände angenommen. Alle weiteren Randbedingungen wurden der Ausführungsstatik entnommen.

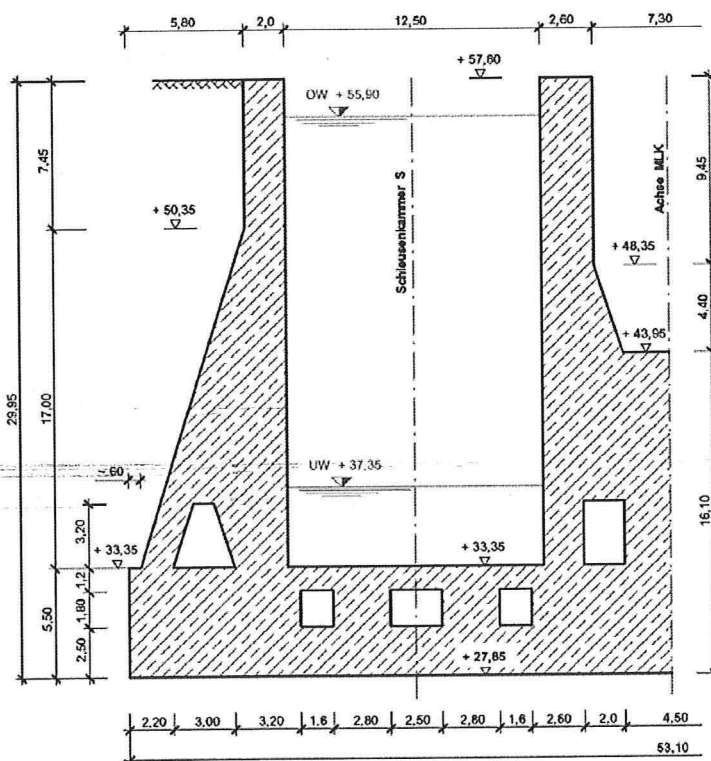
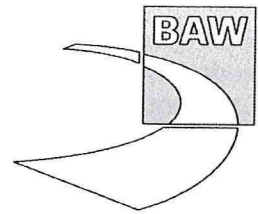


Abbildung 1: Untersuchter Kammerquerschnitt



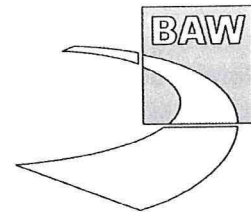
Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die vorhandenen, der Ausführungsstatik entnommenen Einwirkungen (ständige, veränderliche und außergewöhnliche) sind in Einwirkungskombinationen zusammenzufassen und Bemessungssituationen zuzuordnen. Für den Kammerquerschnitt typische Einwirkungen sind:

- Erddrücke mit unterschiedlichen Randbedingungen (Grundwasserstand, Kammerwasserstand, Temperatur,...), ständig
- unterschiedliche Kammerwasserstände inkl. Revision, ständig
- unterschiedliche Grundwasserstände, ständig
- Verkehrslasten auf der Plattform, veränderlich
- Schiffsanlegekräfte, veränderlich
- Eisdruck in den Kammern, veränderlich
- Gesunkenes Schiff, außergewöhnlich
- Erddruck aus Erdbeben, außergewöhnlich
- saisonale Temperaturunterschiede, veränderlich
-

Diese ständigen bzw. veränderlichen Einwirkungen sind sinnvollen Einwirkungskombinationen und anschließend Bemessungssituationen zuzuordnen. Für den untersuchten Querschnitt sieht dies wie folgt aus:

1. ständige Bemessungssituation
 - 1.1 Einwirkungskombination *Unterwasser* mit Einwirkungen Kammer auf Unterwasser, normaler Grundwasserstand, zugehöriger Erddruck, Verkehrslast auf Plattform, etc.
 - 1.2 Einwirkungskombination *Oberwasser* mit Einwirkungen Kammer auf Oberwasser, normaler Grundwasserstand, zugehöriger Erddruck, Verkehrslast auf Plattform, etc.
 - 1.3 Einwirkungskombination *Südkammer auf Oberwasser, Nordkammer auf Unterwasser* mit Einwirkungen
 - 1.4
2. vorübergehende Bemessungssituation
 - 2.1 Einwirkungskombination *Revision* mit Einwirkungen Erddruck für Kammer leer, erhöhter Grundwasserstand, erhöhte Verkehrslast auf Plattform, Temperatur,...
 - 2.2 Einwirkungskombination *Oberwasser* mit Einwirkungen Kammer auf Oberwasser, erhöhter Grundwasserstand, zugehöriger Erddruck, erhöhte Verkehrslast auf Plattform, Schiffsanlegekräfte, etc.
 - 2.3
3. außergewöhnliche Bemessungssituation
 - 3.1 Einwirkungskombination *Gesunkenes Schiff* mit Einwirkungen Unterwasser / Oberwasser / Schleuse leer, zugehöriger Erddruck, Verkehrslast auf Plattform, etc..
 - 3.2 Einwirkungskombination *Erdbeben*
 - 3.3



Die Vorgehensweise hat sich damit prinzipiell nicht geändert, da auch nach alter Norm sinnvolle Lastkombinationen gebildet wurden und gemäß /5/ den Lastfällen 1,2 und 3 zugeordnet werden mussten.

Der Übersichtlichkeit und der Prüfbarkeit halber ist an dieser Stelle besonders wichtig, die Zahl der Einwirkungen so gering wie möglich zu halten und nur sinnvolle Einwirkungskombinationen zu bilden. Eine entsprechende Dokumentation ist ebenso unerlässlich.

Die Kombinationsbeiwerte zur Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit von gleichzeitig auftretenden veränderlichen Einwirkungen werden zu $\psi_{0,i} = 1$ gesetzt, /4/, wodurch sich die Kombinationsregel für die Einwirkungen gemäß /3/ wie folgt vereinfachen:

$$E_D = E \left\{ \sum_{j>1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

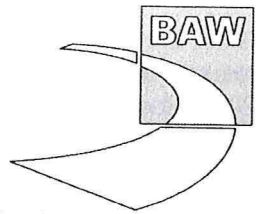
Da in der Regel linear-elastische Berechnungen geführt werden, können zunächst die Auswirkungen (Schnittgrößen) der einzelnen Einwirkungen ermittelt werden. Anschließend werden diese mit den Teilsicherheitsbeiwerten gemäß /4/ zu den Einwirkungskombinationen in den entsprechenden Bemessungssituationen zusammengefasst. Zu beachten ist, dass gemäß /1/ bei linear-elastischer Berechnung für Zwang der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_Q = 1.0$ gesetzt werden kann.

Für den Nachweis gegen Ermüdung sind für das vorliegende Bauwerk nur die Einwirkungskombinationen Schleuse auf Unterwasser und Schleuse auf Oberwasser ohne veränderliche Einwirkungen und Temperatur maßgebend. Der Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen beträgt für den Nachweis gegen Ermüdung $\gamma_{g,fat} = 1.0$, /4/. Aus den Einwirkungskombinationen ist nach der Bemessung die Spannung in der Bewehrung und im Beton zu ermitteln (für Biegung und Querkraft). Die Differenz zwischen beiden Einwirkungskombinationen (UW und OW) ist die Einwirkung für den Nachweis gegen Ermüdung. Für den Nachweis des Betons wird diese Einwirkung mit einem weiteren Faktor verändert, der den Belastungsbeginn berücksichtigt, s. /1/.

Für die Bemessung werden Teilsicherheitsbeiwerte für die Widerstandsseite /1/ entnommen. Dabei wird unterschieden zwischen ständiger/vorübergehender und außergewöhnlicher Bemessungssituation.

Die Bemessung für Querkraft erfolgt analog.

Die zulässige Spannungsschwingbreite für die Bewehrung ermittelt sich gemäß /1/ im wesentlichen aus der für die Lebensdauer des Bauwerks erwarteten Lastspielzahl. Für die vorliegende Schleuse wurde von einer Lastspielzahl von $N=660.000$ ausgegangen, was zu einer zulässigen Spannungsamplitude für den Betonstahl von $\Delta\sigma_{Rsk} = 184,26 \text{ N/mm}^2$ führt. Die zulässige Spannungsamplitude für den Beton ist abhängig von der maximalen Druckspannung und ist damit in jedem Schnitt anders.



Für den an diesem Querschnitt manuell untersuchten Schnitt ergab sich eine erforderliche Erhöhung der Querkraftbewehrung an einer Stelle von 3,27 cm²/m auf 4,9 cm²/m.

Spalt- und Porenwasserdruck gemäß /5/ ist weiterhin zu berücksichtigen. In /4/ finden sich Angaben, wie die Parameter für die in /5/ angegebene Formeln nach neuer Bezeichnung zu ermitteln sind.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Für den Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist die quasi-ständige Einwirkungskombination zu untersuchen. Da gemäß /4/ $\psi_{2,i}=0$ gesetzt wird, vereinfacht sich die Kombinationsregel aus /3/ für die Einwirkung zu

$$E_{d,perm} = E \left\{ \sum G_{k,j} \right\}$$

Für den Schleusenammerquerschnitt bedeutet dies konkret, dass zwei Einwirkungskombinationen *Schleuse auf Unterwasser* und *Schleuse auf Oberwasser* ohne veränderliche Einwirkungen zu formulieren sind. Die Rissbreite wird nach /1/ explizit berechnet, die zulässige Rissbreite beträgt nach /4/ $w_k = 0,25$ mm. Zusätzliche Bewehrung infolge frühen Zwangs aus abfließender Hydratationswärme ist gemäß /6/ zu ermitteln und wird an dieser Stelle nicht weiter betrachtet.

In Abbildung 2 ist die rechnerisch erforderliche Biegebewehrung inkl. Rissbreitenbegrenzung für die linksseitige Bewehrung der Kammerwände und die untere Bewehrung der Kammer-
 sohle dargestellt.

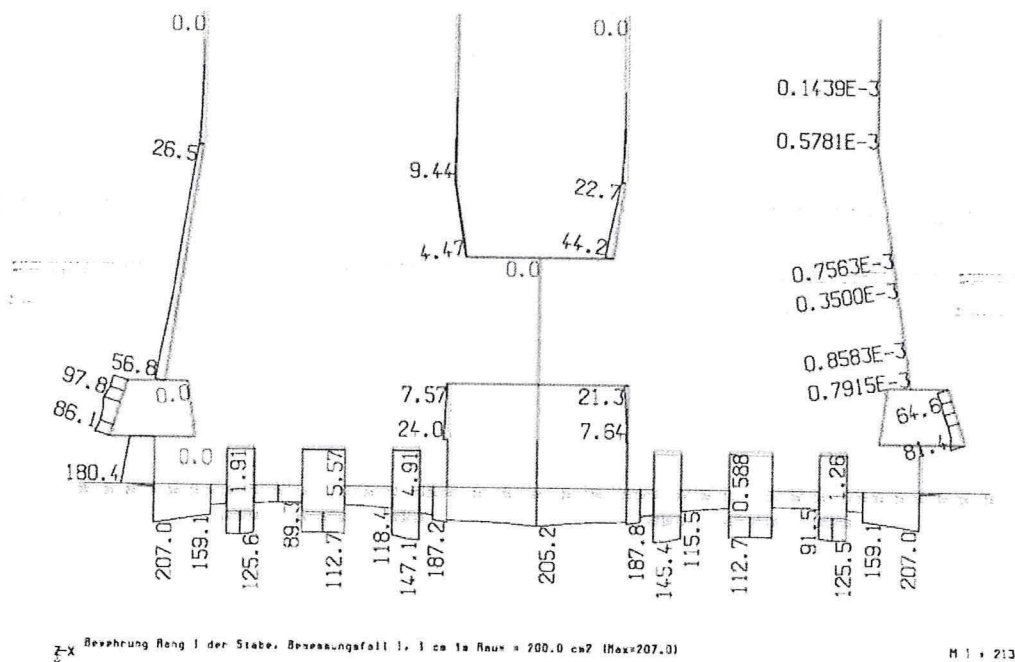
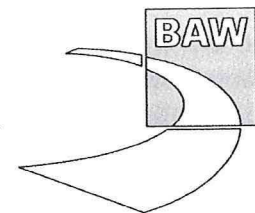
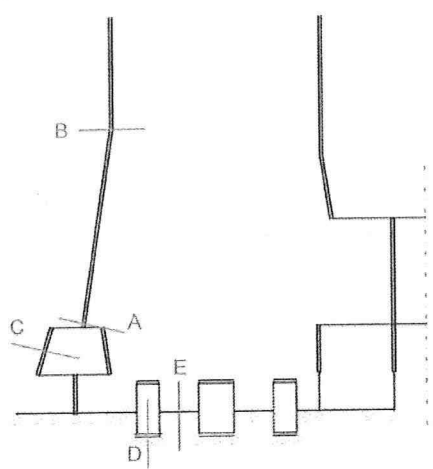


Abbildung 2: Erforderliche Biegebewehrung inkl. Rissbreitenbegrenzung



Der Nachweis liefert gegenüber dem Grenzzustand der Tragfähigkeit in einigen, wenigen Bereichen Bewehrungserhöhungen bis zu maximal 20 cm²/m.

Nachweise nach alter Norm



Parallel wurde das gleiche System mit den gleichen Einwirkungen nach alter Norm berechnet. Um die Ergebnisse vergleichen zu können, wurden 5 Schnitte gemäß Abbildung 3 ausgewertet. Für die Biegebewehrung inkl. Rissbreitenbeschränkung ergeben sich bei Nachweis nach neuer Norm geringfügige Einsparungen gemäß Abbildung 4.

Für die Schubbewehrung ergaben sich an Schnitt A gleiche erforderliche Bewehrungsgehalte.

Abbildung 3: untersuchte Schnitte

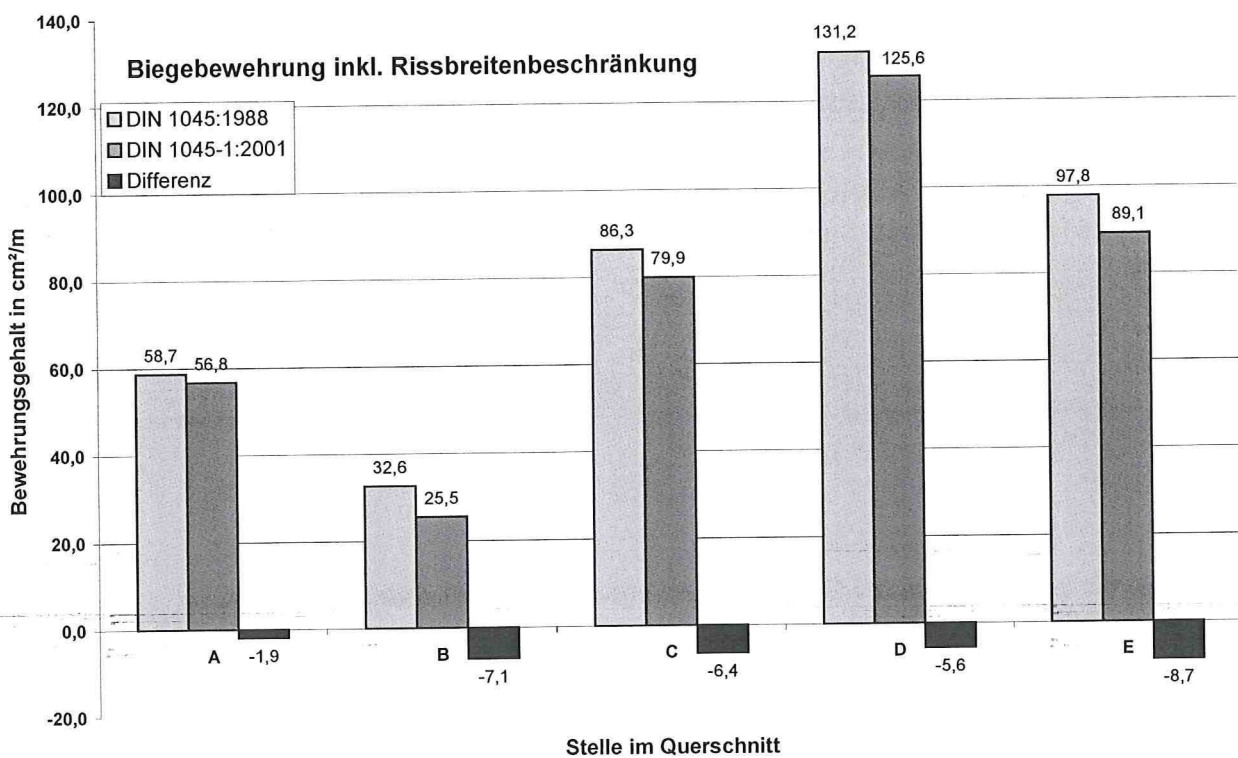
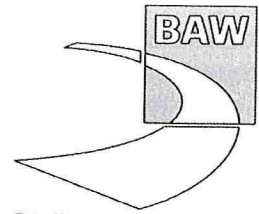


Abbildung 4: Vergleich der Bewehrungsgehalte inkl. Rissbreitenbeschränkung

Für den untersuchten Querschnitt sind demnach bei Berechnung nach der neuen Normengeneration zusammen mit den für massive Wasserbauwerke getroffenen Regelungen keine Bewehrungsmehrmengen zu erwarten.



Das dargestellte Beispiel wird in Kürze in ausführlicher Form an anderer Stelle veröffentlicht werden. Es wird dann auch um Vergleichsrechnungen an anderen Bauwerksarten ergänzt sein.

Literatur

- /1/ DIN 1045-1: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teil 1: Bemessung und Konstruktion, DIN, Juli 2001
- /2/ DIN 1054: Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, DIN, Januar 2003
- /3/ DIN 1055-100: Einwirkungen auf Tragwerke, Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln, DIN, März 2001
- /4/ Entwurf ZTV-W LB 215:2004 Wasserbauwerke aus Beton und Stahlbeton (z.Zt.: *Technische Empfehlung Bautechnik Massive Wasserbauwerke nach neuer Norm*, Herausgeber: Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, August 2003, unveröffentlicht)
- /5/ DIN 19702: Standsicherheit von Massivbauwerken im Wasserbau, DIN, Oktober 1992
- /6/ *Rissbreitenbeschränkung für frühen Zwang*, Technische Empfehlung Bautechnik, Herausgeber: Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, September 2002